

# Агробиотехнологии в биологизированном и органическом земледелии: результаты многолетних исследований

Сираева З.Ю., кандидат биологических наук,  
Институт фундаментальной медицины и биологии  
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Ведущий вклад в мировой экологический кризис по загрязненности почв и сельскохозяйственных продуктов питания внесло массовое применение пестицидов и минеральных удобрений, неизбежно приведшее к снижению уровня почвенного плодородия и здоровья населения. В сложившихся условиях современная система земледелия все большее внимание уделяет биологизированным системам, базирующимся на комплексном учете ландшафтно-экологических, почвенных, фитосанитарных и других исследований и способствующих активации механизмов ауторегуляции продуктивности агроэкосистем.

**В**месте с тем, высокий уровень инфекционной нагрузки пахотных земель и семенного/посадочного материала, достаточно сложная фитосанитарная ситуация на посевах большинства сельскохозяйственных культур, низкий уровень почвенного плодородия вследствие переуплотнения почв, закисления, засоления и других деградиционных процессов требуют поступательного перехода от традиционных (интенсивных) технологий возделывания культур к ресурсосберегающим (биологизированным).

Агробиотехнологические подходы для повышения/восстановления почвенного плодородия и стабилизации равновесной структуры микробиоценоза почв и растений включают:

- создание адаптивно-ландшафтной системы земледелия (оптимальная для повышения эрозионной и экологической устойчивости агроландшафта структура сельскохозяйственных угодий: доля пашни 50-60%; почвозащитные лесные насаждения 7-12%; сенокосы и пастбища 18-20%; водные объекты естественные и искусственные 5-8%);
- разработку индивидуальных севооборотов в зависимости от степени эродированности почв, почвенного микробного сообщества, инфекционного фона;
- многоцелевое использование полифункциональных биопрепаратов (для биосанации почвы, биодеструкции пожнивных остатков, стимуляции роста и защиты растений);
- повышение содержания углерода в почве;



- залужение эродированных почв многолетними травами с последующим хозяйственным использованием или консервация для естественного восстановления почв;

- комплексный микробиологический, включая фитосанитарный, мониторинг почвенных микробиоценозов и разработку адаптированных агропроизводственных схем, нивелирующих нарушения равновесия между патогенными и агрономически полезными группами микроорганизмов в почве;

- внедрение новых почво- и ресурсосберегающих технологий обработки почвы, в том числе No-Till.

Результаты многолетних исследований, проведенных нами в

различных регионах Российской Федерации (Республике Татарстан, Республике Башкортостан, Самарской, Свердловской, Волгоградской и других областях), показывают, что первичными лимитирующими в повышении почвенного плодородия и коррелирующими друг с другом факторами являются содержание органического вещества, плотность почвы и структура почвенного микробиоценоза.

От структурно-агрегатного состава почвы во многом зависит строение пахотного слоя почвы и оптимизация почвенных режимов. Критическое значение плотности, снижающее плодородие, – более 1,4-1,5 г/см<sup>3</sup>, пористость – менее 40%. Одним из приемов повы-

шения коэффициента структурности почвы является обязательное включение в севооборот одно- и многолетних трав, характеризующихся накоплением большей корневой биомассы и обеспечивающих ее оструктурирование. По многочисленным данным, показана обратная связь между плотностью почвы (г/см<sup>3</sup>) и массой пожнивно-корневых остатков (т/га). В среднем при накоплении 1 т пожнивно-корневых остатков происходит снижение плотности почвы на 0,0128 г/см<sup>3</sup>. Приоритетная роль в оструктурировании отводится растениям с более глубокой корневой системой, улучшающей агрофизические свойства почвы как в верхних, так и в нижних слоях пахотного горизонта (люцерна, эспартет и др.).

К способам повышения уровня суммарного углерода в почве пашни относятся:

- увеличение уровня поступления органического вещества внесением животноводческого и растительного органического вещества;
- высев повторных (пожнивных, поукосных) культур;
- применение научно-обоснованной системы севооборотов;
- совершенствование агроприемов по повышению продуктивности выращиваемых основных и сидеральных культур;
- уменьшение потерь органического вещества путем контроля эрозии почвы;

- сокращение числа механических обработок почвы и проездов тяжелой техники;

- модернизация парка техники, направленная на оснащение сельхозпредприятий техническими агрегатами, минимизирующими давление на почвенные слои и совмещающих агроприемы.

Обеспечение ежегодного прихода органического вещества в диапазоне от 5 до 7 т/га поддерживает достаточный уровень плодородия почвы и протекания активных микробиологических процессов. Для ускорения процессов микробиологического разложения биомассы широко используются биопрепараты на основе высокоэффективных штаммов биодеструкторов, обеспечивающих протекание процессов трансформации растительных остатков в высокоценное органическое удобрение, а также разуплотнение (аэрирование) почвы. Стандартная технология применения биопрепаратов-деструкторов включает опрыскивание стерни перед заделкой, опрыскивание, совмещенное с заделкой, или опрыскивание перед основной обработкой почвы.

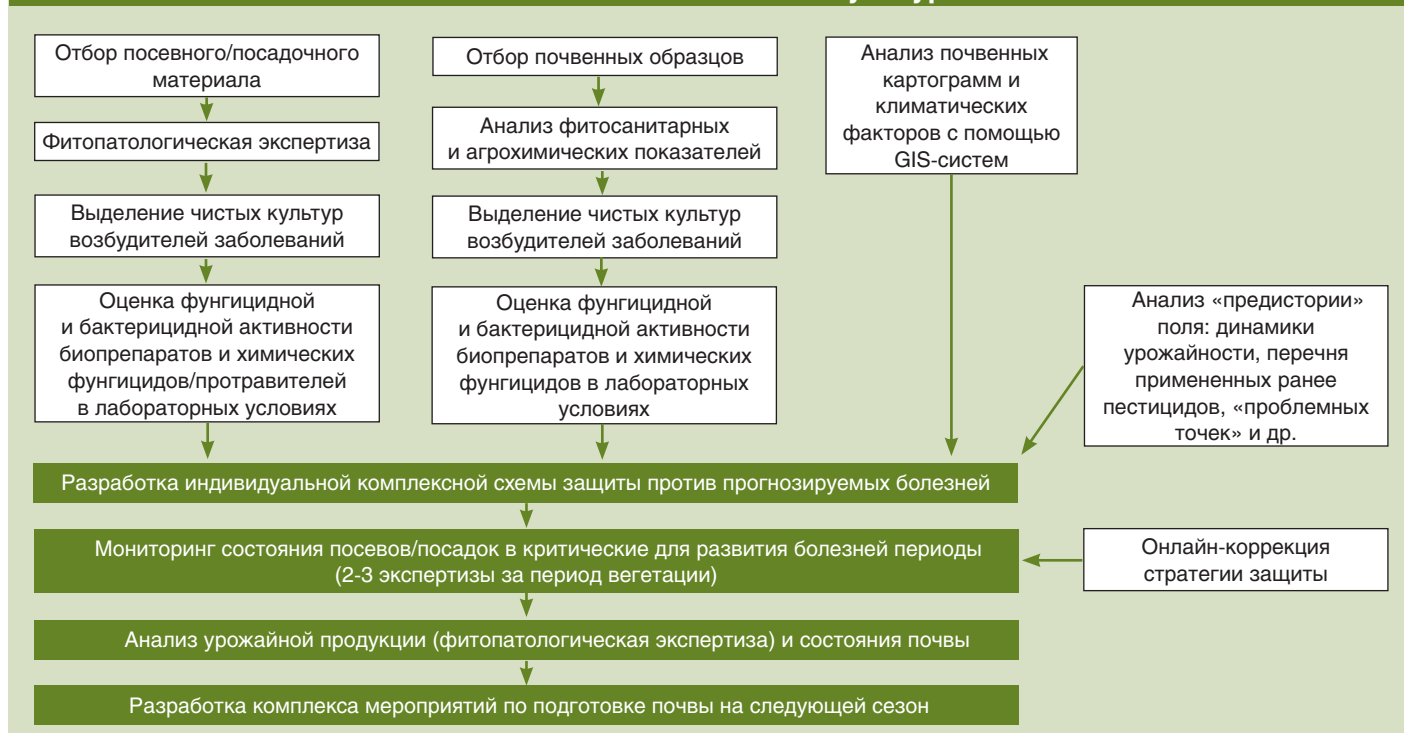
Существенно более сложная ситуация с выбором стратегии защиты против болезней. Это связано с тем, что многолетнее применение высокоустойчивых к деградации пестицидов и неспецифичность их действия привели к глубоким изменениям в агроэкосистемах: форми-

рованию резистентных рас возбудителей болезней; уменьшению численности полезных членов микробиоты природных биоценозов и, как следствие, снижению супрессивности почвы; снижению биологической активности почвы и повышению фитотоксичности почвенной микофлоры.

Современный подход в защите растений предполагает создание систем комплексной микробиологической защиты растений от болезней разной этиологии с использованием биопрепаратов различного целевого назначения. Основа таких биопрепаратов – высокоактивные штаммы микробов-антагонистов возбудителей болезней. Огромным преимуществом биопрепаратов является способность вытеснять из агрофитоценозов определенные виды фитопатогенных микроорганизмов, обеспечивать повышение урожайности и получение экологически безопасной сельскохозяйственной продукции.

В то же время прогностическая модель оценки тенденций развития биометода, разработанная Международной организацией по биологической борьбе «IOBC-Global», показывает, что оптимальный уровень биологизации сельскохозяйственного производства определяется в пределах 40%. Уменьшение пестицидной нагрузки на агроценозы, внедрение в системы защиты растений доли био-

### Научно-обоснованный персонализированный подход в выборе стратегии защиты сельскохозяйственных культур



метода, существенно превышающей 40%-ный порог, или, более того, тотальная экологизация растениеводства (органическое земледелие) приведут к тому, что высокопродуктивные сорта не смогут выдерживать конкуренции со стороны сорной растительности или быть достаточно устойчивыми к вредителям и болезням. Результатом полной экологизации с учетом долговременных тенденций глобального потепления может стать снижение уровня продуктивности растений, несовместимого и прогрессирующим ростом населения: согласно прогнозам экспертов ООН, к 2050 г. население мира возрастет с 6.8 млрд. до 9.1 млрд. человек.

В сложившейся ситуации большинство исследователей, включая автора, поддерживают и внедряют более прогрессивную форму системы защиты растений – интегрированную, при которой для предпосевной обработки семян, посадочного материала и опрыскивания вегетирующих растений используются баковые смеси биопрепаратов и химических пестицидов со сниженным вдвое по сравнению с рекомендованной нормой расхода содержанием химических средств защиты.

В течение многих лет на полях Республики Татарстан и других регионов России практикуется разработанный нами эффективный персонализированный подход в выборе стратегии защиты сельскохозяйственных культур, позволяющий элиминировать высокоустойчивые расы патогенов из агрофитоценозов (рисунок).

Основные принципы стратегии защиты растений и почвы от возбудителей заболеваний растений направлены на:

- селективную элиминацию выявленной семенной и почвенной инфекции за счет предпосевного протравливания двух-трехкомпонентными химическими протравителями системного действия совместно с бактериальными препаратами фунгицидно-стимулирующего действия;
- биосанацию почвы за счет применения биопрепаратов при протравливании и по вегетации (фунгицидные обработки в фазе кущения-выхода в трубку, совмещенные с листовыми подкормками);
- повышение уровня почвенного плодородия, как следствие, иммунитета растений, за счет усиленного применения биоудобрений на фоне внесения обоснованных балансовых норм NPK;
- контроль прогнозируемых болезней (фитомониторинг посевов) с забла-

временным (профилактическим) проведением обработок;

- оптимизации защитных мероприятий от вредных объектов (сорной растительности, численности вредителей) (гербицидная обработка до стадии кущения и контроль численности вредителей с проведением обработки при превышении численности выше ЭПВ).

Решение проблемы оптимизации азотного и фосфорного баланса, повышения и сохранения плодородия почв невозможно без сохранения определенной интенсивности применения удобрений. Однако внесение в почву фосфорных удобрений не решает проблему, т.к. растения поглощают не более 25% поступающего с удобрениями фосфора; остальной фосфор вымывается из почвы или переходит в недоступные для растений формы. Кроме того, в цикле фосфорного обмена на фоне удобрений происходит перегруппировка микробных сообществ: увеличивается доля микроорганизмов, потребляющих подвижные формы фосфатов.

Согласно результатам многолетних исследований, азотные удобрения в ряде случаев могут усиливать предрасположенность культур, особенно зерновых, к возбудителям корневой гнили, мучнистой росы и других болезней; повышать степень поражения зерновых культур фузариозом и интенсивность накопления в зерне фузариевых токсинов; оказывать ингибирующее действие на рост растений, интенсивность азотфиксации и целлюлозолитической активности, свидетельствующее о подавлении солями удобрений микробиологической деятельности. Систематическое внесение удобрений может приводить к доминированию в биоценозе фитопатогенных грибов, в большинстве своем токсигенных видов из родов *Penicillium* и *Fusarium*, повышению фитотоксичности почв и снижению устойчивости растений к болезням. Длительное применение удобрений, в большинстве своем кислых, может приводить к подкислению почвы и обеднению почвенно-поглощающего комплекса обменными катионами, что ведет к глубоким изменениям в направленности процессов трансформации азота (снижению количества минеральных форм азота, доступных для растений, и увеличению негидролизующих органических форм), способствует замене бактериальной микрофлоры грибной и усилению поражения растений болезнями, в результате чего происходит торможение роста

культурных растений, стимуляция роста сорной растительности и снижение урожайности.

В связи с этим, агробиотехнологический подход для усиления питания растений предполагает в зависимости от структуры микробного сообщества и агрохимических показателей почвы частичную или полную замену минеральных удобрений микробиопрепаратами разнонаправленного действия: способствующими фиксации атмосферного азота; стимулирующего действия; улучшающими фосфорное питание растений и др.

Один из основных путей решения проблемы обеспечения растений фосфором – максимально полное вовлечение в сельскохозяйственную практику биопрепаратов на основе эффективных фосфатомобилизующих штаммов микроорганизмов. Это позволит не только снизить дозы внесения фосфорных удобрений за счет мобилизации фосфатов почвы и трансформации почвенного органического вещества минимум на 20-30%, но и получить экологически безопасную продукцию растениеводства, сохранить плодородие почвы и снизить уровень техногенной нагрузки на почву. В почве микроорганизмы проводят предварительное расщепление молекул органофосфатов с переводом ионов фосфора в легкорастворимое состояние. Это достигается изменением pH почвенного раствора, хелатированием катионов, входящих в состав нерастворимых соединений фосфора (в том числе и продуктами метаболизма микроорганизмов) и/или гидролизом фосфатов внеклеточными ферментами – фосфатазами с высвобождением фосфорной кислоты в доступной для растений форме.

Таким образом, поступательное внедрение комплекса агробиотехнологических приемов в агропроизводственную практику позволит устранить дисбаланс между патогенными и агрономически полезными группами микроорганизмов, тем самым стабилизируя состояние агрофитоценоза, увеличить численность сапрофитной почвенной микробиоты и числа грибов, участвующих в гумусообразовании, снизить пестицидную нагрузку на единицу площади и содержание остаточных количеств пестицидов в продукции растениеводства, сохранить биоразнообразие, сократить уровень потерь урожая и, как следствие, повысить уровень рентабельности сельскохозяйственного производства.